

PATENTS

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

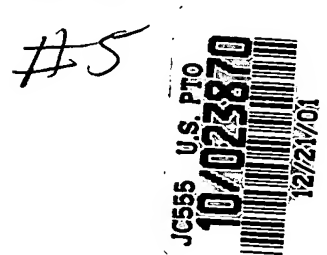
In re application of

Francis BRIAND et al.

Serial No. (unknown)

Filed December 21, 2001

PULSED-ARC WELDIGN  
PROCESS AND DEVICE



CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119  
AND SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Attached hereto is a certified copy of applicants' corresponding patent application filed in France on December 21, 2001, under No. 0016759.

Applicants herewith claim the benefit of the priority filing date of the above-identified application for the above-entitled U.S. application under the provisions of 35 U.S.C. 119.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

By

Benoît Castel

Benoît Castel  
Attorney for Applicants  
Registration No. 35,041  
Customer No. 00466  
745 South 23rd Street  
Arlington, VA 22202  
Telephone: 703/521-2297

December 21, 2001

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INPI

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

# BREVET D'INVENTION

JCS55 U.S. PTO  
10/023870

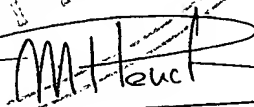
CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 15 OCT. 2001

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets



Martine PLANCHE

AVAILABLE COPY

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30  
www.inpi.fr

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**  
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 250899

<b>21 DEC 2000</b> REMISE DES PIÈCES DATE 21 DEC. 2000 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0016759 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 21 DEC. 2000 Vos références pour ce dossier (facultatif) S.5132 OP/MM		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  L'AIR LIQUIDE Service Brevets et Marques 75, quai d'Orsay 75321 PARIS CEDEX 07	
<b>C</b> nfirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date / /
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date / /
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date / /
Demande de brevet initiale		N°	Date / /
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> PROCEDE ET DISPOSITIF DE SOUDAGE A L'ARC PULSE			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		5 . 5 . 2 . 0 . 9 . 6 . 2 . 8 . 1	
Code APE-NAF		2 . 4 . 1 . A	
Adresse	Rue	75, quai d'Orsay	
	Code postal et ville	75321	PARIS CEDEX 07
Pays		FRANCE	
Nationalité		française	
N° de téléphone (facultatif)		01 40 62 54 49	
N° de télécopie (facultatif)		01 40 62 56 95	
Adresse électronique (facultatif)			

21 DEC 2009 REMISE DES PIÈCES DATE <b>75 INPI PARIS</b> LIEU N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		0016759		DB 540 W / 260899
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		S.5132 OP/MM		
<b>6 MANDATAIRE</b>				
Nom		PITTIS		
Prénom		Olivier		
Cabinet ou Société		L'AIR LIQUIDE S.A.		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 8831/PG8872		
Adresse	Rue	75, quai d'Orsay		
	Code postal et ville	75321	PARIS CEDEX 07	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 40 62 54 49		
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 40 62 56 95		
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>				
<b>7 INVENTEUR (S)</b>				
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non		
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):</i>		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		1		
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Olivier PITTIS		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  M. ROCHET		



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ  
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
Page suite N° 1... / 1...

REMISE DES PIÈCES DATE 21 DEC 2009 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0016759 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire	
Vos références pour ce dossier (facultatif)		S.5132 OP/MM	
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation	
		Date / / N°	
		Pays ou organisation	
		Date / / N°	
		Pays ou organisation	
		Date / / N°	
5 DEMANDEUR			
Nom ou dénomination sociale		LA SOUDURE AUTOGENE FRANCAISE	
Prénoms			
Forme juridique		SA	
N° SIREN		8 . 5 . 5 . 2 . 0 . 3 . 3 . 8 . 2	
Code APE-NAF		2 . 9 . 4 . D	
Adresse	Rue	13 rue de l'Epluches	
	Code postal et ville	95310 SAINT OUEN L'AUMONE	
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		01 34 21 33 33	
N° de télécopie (facultatif)		01 34 21 31 19	
Adresse électronique (facultatif)			
5 DEMANDEUR			
Nom ou dénomination sociale			
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Pays			
Nationalité			
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Olivier PITTIS		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE LA Mairie M. ROCHET	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI


**DÉPARTEMENT DES BREVETS**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2..**  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		S.5132 OP/MM	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		00 16 759	
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> PROCEDE ET DISPOSITIF DE SOUDAGE A L'ARC PULSE			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE 75 quai d'Orsay 75321 PARIS CEDEX 07 LA SOUDURE AUTOGENE FRANCAISE 13 rue de l'Epluches 93110 SAINT OUEN L'AUMONE			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
<b>Nom</b>		BRIAND	
<b>Prénoms</b>		Francis	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	18 rue Cail	
	<b>Code postal et ville</b>	75010	PARIS
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>		MAS	
<b>Prénoms</b>		Christophe	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	58 boulevard Diderot	
	<b>Code postal et ville</b>	75012	PARIS
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>		CAILLIBOTTE	
<b>Prénoms</b>		Georges	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	2 avenue Cesar Frank	
	<b>Code postal et ville</b>	78260	ACHERES
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) 21 décembre 2000			
Olivier PITTIS			





COPIE

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235\*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2. / 2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		S.5132 OP/MM	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0016759	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE ET DISPOSITIF DE SOUDAGE A L'ARC PULSE			
LE(S) DEMANDEUR(S) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE 75 quai d'Orsay 75321 PARIS CEDEX 07 LA SOUDURE AUTOGENE FRANCAISE 13 rue de l'Epluches 9310 SAINT OUEN L'AUMONE			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		EYSCHEN	
Prénoms		Jean-Pierre	
Adresse	Rue	22 bis rue du Tertre	
	Code postal et ville	95530	LA FRETTE SUR SEINE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) 21 décembre 2000			
Olivier PITTIS			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

La présente invention concerne un procédé, un dispositif et une  
5 installation de soudage à l'arc pulsé, en particulier un procédé de soudage  
MIG (pour Metal Inert Gas = avec gaz inerte vis-à-vis du métal) ou MAG  
(pour Metal Active Gas = avec gaz actif vis-à-vis du métal)

Le soudage à l'arc à régime pulsé a été mis au point pour pallier aux  
inconvenients du soudage à régime globulaire qui, de par son mode de  
10 transfert instable et son caractère projetant, ne permettait pas d'augmenter  
la productivité dans des conditions de soudage acceptables.

En effet, en soudage à l'arc des aciers au carbone et des aciers  
inoxydables, dès que l'on souhaite augmenter la quantité de métal déposé  
en conservant des propriétés d'emplois corrects, il faut augmenter l'intensité  
15 du courant et, en l'absence de mise en œuvre d'un régime pulsé, il a été  
constaté qu'on rentre rapidement en régime globulaire.

Or, le régime pulsé permet un soudage en position qui n'est bien  
souvent pas praticable ou difficile en régime globulaire.

Par ailleurs, le caractère non projetant du régime pulsé, quand la  
20 synergie des différents paramètres opératoires, est correcte, permet,  
notamment sur les aciers inoxydables, de diminuer les opérations de  
parachèvement, tel que l'enlèvement des projections.

En outre, le soudage pulsé trouve également un champ d'application  
intéressant quand on le compare au régime de pulvérisation axiale (régime  
25 spray) qui, en nécessitant un courant de soudage assez élevé et en  
induisant un taux de dépôt et une largeur de bain important, n'est  
généralement utilisé que sur des épaisseurs à souder conséquentes et en  
position horizontale, c'est-à-dire qu'il est limité au soudage à plat.

En permettant, à vitesse fil identique, et donc à quantité de métal  
30 déposé identique, de réduire l'énergie de soudage, le régime pulsé remédie

en partie à ces inconvénients et autorise, suivant l'assemblage à réaliser, le soudage non seulement à plat mais aussi en position avec une qualité de transfert comparable à celle du régime spray.

5 Le régime pulsé est également très utilisé pour le soudage des alliages légers, tel l'aluminium par exemple, par lesquels le régime de courts-circuits et le globulaire sont difficilement praticables à cause des défauts qu'ils occasionnent, à savoir porosités et collage.

10 Dans ce cas, le régime pulsé permet de souder correctement avec des énergies qui autorisent le soudage des faibles épaisseurs jusqu'à 1mm et le soudage en position alors que le régime spray, traditionnellement employé, est plutôt synonyme de productivité.

Des procédés de soudage à l'arc en régime spray ou en régime pulsé sont décrits dans les documents suivants : WO-A-98/22247, EP-A-909604, Welding and Cutting, P. Houldcroft et R. John, 1988, p. 80-83, BE-A-15 817637, JP-A-57124572, JP-A-56134075, JP-A-59078776, GB-A-2268009, US-A-5,192,851, US-A-3,528,100, US-A-3,956,610, US-A-5,432,317, US-A-4,912,299, US-A-5,672,286, US-A-4,366,362 et EP-A-422763.

20 De façon générale, en régime pulsé, l'impulsion de courant peut revêtir différentes formes. La forme trapézoïdale est cependant pratiquement la seule à être utilisée au plan industriel et elle est, en général, caractérisée par les paramètres indiqués à la figure 1 ci-annexée.

Si l'on veut rendre facilement accessible le soudage MIG/MAG pulsé à la plupart des opérateurs, il faut réaliser ce que l'on appelle des courbes de synergies ou programmes de soudage.

25 L'élaboration d'une synergie en courant pulsé consiste en la détermination pour chaque fil en fonction de sa nature et son diamètre, pour chaque gaz de protection et chaque vitesse d'avance de fil, des valeurs des paramètres décrivant le pulse de courant qui satisfont au mieux les critères selon lesquels est jugé l'opération de soudage.

Cette détermination est assez difficile à réaliser car elle est en général empirique et ne peut se faire que par le biais de nombreux essais.

Toutefois, c'est la condition indispensable à la diffusion et à l'utilisation d'un procédé de soudage pour que l'opérateur de soudage ait un  
5 minimum de réglage à faire.

Ainsi, classiquement, l'opérateur choisit le couple fil/gaz et suivant la vitesse d'avance du fil désiré, la courbe de synergie précédemment déterminée permet d'attribuer les bonnes valeurs aux paramètres du pulse de courant.

10 En général, une bonne synergie en courant pulsé doit comporter un seul détachement de goutte par pulse, être exempt de projections et avoir une hauteur d'arc la plus petite possible.

L'élaboration de la synergie ou du programme nécessite le choix des valeurs à affecter aux paramètres du pulse en sachant que :

15 - le courant haut ( $I_h$ ) ne peut être inférieur à un certain seuil si l'on veut que la goutte se détache, ce seuil étant donné par la valeur du courant pour laquelle commence le régime spray en soudage sous flux gazeux avec fil fusible en courant continu ; et

- si l'on ne veut pas de projections, il faut que le détachement de la  
20 goutte se produise à des niveaux de courant limités.

D'autre part, une fois ce travail réalisé pour plusieurs vitesses d'avance du fil, il faut s'assurer que l'évolution en fonction de la vitesse d'avance du fil des paramètres décrivant le pulse de courant ne soit pas trop heurtée.

25 En effet, la vitesse d'avance du fil choisie par l'opérateur est libre, et elle ne correspond pas toujours aux vitesses d'avance du fil qui ont été utilisées pour décrire la courbe de synergie.

Dans ce cas, il y a nécessité d'interpoler les valeurs des paramètres du pulse à partir des courbes synergiques et, si elles sont trop heurtées, le

résultat de soudage obtenu peut ne pas être satisfaisant et il faut alors recommencer.

La détermination des courbes synergiques est donc habituellement assez difficile et nécessite de réaliser de nombreux essais de soudage, le nombre étant d'autant plus élevé que les paramètres à prendre en compte son nombreux car, plus il y a de paramètres à considérer, plus il y a de combinaisons possibles de ces divers paramètres entre eux et donc plus il y a d'essais à réaliser, sans toutefois être certain du résultat qui en découlera.

Le problème qui se pose alors est de disposer d'un procédé de soudage à l'arc pulsé permettant d'obtenir un soudage efficace des aciers au carbone, des aciers inoxydables, de l'aluminium ou des alliages d'aluminium et qui permette d'éviter de réaliser de nombreux essais de soudage pour déterminer les conditions et paramètres de soudage permettant de conduire à de bons résultats de soudage, en particulier la vitesse d'amenée du fil et l'ensemble des paramètres des impulsions de courant devant être appliquées pour la vitesse d'amenée du fil choisie, à savoir la valeur de courant moyen et la valeur de courant efficace.

De là, un premier but de la présente invention est alors de proposer un procédé de soudage à l'arc à régime pulsé des aciers au carbone, des aciers inoxydables, de l'aluminium ou des alliages d'aluminium, avec mise en œuvre d'une protection gazeuse, présentant une grande flexibilité et conduisant à des résultats satisfaisants en termes de qualité de soudage.

Un deuxième but de la présente invention est alors de proposer un procédé de soudage à l'arc à régime pulsé, MIG ou MAG, permettant de déterminer facilement, en fonction de la vitesse d'amenée du fil souhaitée, l'ensemble des paramètres des impulsions de courant, à savoir la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) devant être appliquées, pour que de bons résultats de soudage soient obtenus.

De là, la présente invention concerne un procédé de soudage à l'arc à régime pulsé d'une ou plusieurs pièces en acier au carbone, en acier

inoxydable, en aluminium ou en alliage d'aluminium, avec mise en œuvre d'une protection gazeuse, dans lequel on alimente une torche de soudage à l'arc électrique avec au moins un fil fusible à une vitesse d'amenée de fil ( $V_{fil}$ ) et on soumet ledit fil fusible à des impulsions de courant pour obtenir une fusion de l'extrémité dudit fil fusible et le détachement d'une goutte de métal fondu par impulsion de courant, et dans lequel, pour une fréquence de pulsation donnée, on choisit et/ou on met en œuvre une vitesse d'amenée de fil ( $V_{fil}$ ), une valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et une valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) telles que :

$$I_{moy} = A1 \times V_{fil} + B1 \quad \text{avec} \quad 5 < A1 < 45 \quad \text{et} \quad 0 < B1 < 50, \quad \text{et}$$

$$I_{eff} = A2 \times V_{fil} + B2 \quad \text{avec} \quad 5 < A2 < 45 \quad \text{et} \quad 40 < B2 < 100$$

où  $I_{moy}$  et  $I_{eff}$  sont exprimées en Ampères et  $V_{fil}$  est exprimée en  $m.min^{-1}$ .

Selon le cas, le procédé de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- 15 - la ou les pièces à souder sont en acier au carbone et en ce qu'on choisit la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) telles que :

$$I_{moy} = A1 \times V_{fil} + B1 \quad \text{avec} \quad 20 < A1 < 40 \quad \text{et} \quad 0 < B1 < 30, \quad \text{et}$$

$$I_{eff} = A2 \times V_{fil} + B2 \quad \text{avec} \quad 19 < A2 < 39 \quad \text{et} \quad 40 < B2 < 100.$$

- 20 - la ou les pièces à souder sont en acier inoxydable et en ce qu'on choisit la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) telles que :

$$I_{moy} = A1 \times V_{fil} + B1 \quad \text{avec} \quad 10 < A1 < 40 \quad \text{et} \quad 0 < B1 < 40, \quad \text{et}$$

$$I_{eff} = A2 \times V_{fil} + B2 \quad \text{avec} \quad 9 < A2 < 39 \quad \text{et} \quad 40 < B2 < 100.$$

- 25 - la ou les pièces à souder sont en aluminium ou en alliage d'aluminium et en ce qu'on choisit la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) telles que :

$$I_{moy} = A1 \times V_{fil} + B1 \quad \text{avec} \quad 5 < A1 < 30 \quad \text{et} \quad 0 < B1 < 20, \quad \text{et}$$

$$I_{eff} = A2 \times V_{fil} + B2 \quad \text{avec} \quad 5 < A2 < 25' \quad \text{et} \quad 40 < B2 < 65.$$

- la vitesse d'amenée de fil ( $V_{fil}$ ) est comprise entre 1 et 20  $m.min^{-1}$ , de préférence 2 et 15  $m.min^{-1}$

- la fréquence de pulsation est comprise entre 20 et 300 Hz, de préférence entre 50 et 200 Hz.

5        - le rapport ( $I_{eff} / I_{moy}$ ) de la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) à la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) est compris entre 1.05 et 2, de préférence entre 1.1 et 1.8.

10       - la ou les pièces à souder sont en acier au carbone et en ce que le rapport ( $I_{eff} / I_{moy}$ ) de la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) à la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) est compris entre 1.05 et 2, de préférence entre 1.05 et 1,6.

15       - la ou les pièces à souder sont en acier inoxydable et en ce que le rapport ( $I_{eff} / I_{moy}$ ) de la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) à la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) est compris entre 1.05 et 2, de préférence entre 1.1 et 1.8.

- la ou les pièces à souder sont en aluminium ou en alliage d'aluminium et en ce que le rapport ( $I_{eff} / I_{moy}$ ) de la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) à la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) est compris entre 1.05 et 2, de préférence entre 1,05 et 1,5.

20       - la ou les pièces à souder ont une épaisseur de 0.5 mm à 10 mm, de préférence de 0.8 à 6 mm.

- la protection gazeuse est constituée d'un gaz ou mélange gazeux choisi parmi l'hélium, l'argon, le dioxyde de carbone, l'oxygène, l'azote et l'hydrogène.

25       - le fil fusible a un diamètre compris entre 0.6 mm et 2.2 mm, de préférence entre 0.8 mm et 1.6 mm.

- le soudage est de type MIG pulsé ou MAG pulsé.

- le fil est un fil plein ou un fil fourré.

30       L'invention porte aussi sur un dispositif de soudage à l'arc à régime pulsé susceptible de mettre en œuvre un procédé de l'invention comportant :

- des moyens de sélection de fréquence permettant de régler, ajuster ou sélectionner une fréquence de pulsation,

- des moyens de sélection de vitesse de fil permettant de régler, ajuster ou sélectionner une vitesse d'amenée de fil ( $V_{fil}$ ),

5        - des moyens de détermination des valeurs de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et de courant efficace ( $I_{eff}$ ) permettant de déterminer ou calculer au moins une valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et au moins une valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ), telles que :

$$I_{moy} = A1 \times V_{fil} + B1 \quad \text{avec} \quad 5 < A1 < 45 \quad \text{et} \quad 5 < B1 < 50, \quad \text{et}$$

10         $I_{eff} = A2 \times V_{fil} + B2 \quad \text{avec} \quad 5 < A2 < 45 \quad \text{et} \quad 45 < B2 < 110$

où  $I_{moy}$  et  $I_{eff}$  sont exprimées en Ampères et  $V_{fil}$  est exprimée en  $m.min^{-1}$ , et

- des moyens d'ajustage de courant permettant d'ajuster le courant de soudage en réponse à la détermination ou au calcul des valeurs de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et de courant efficace ( $I_{eff}$ ) par lesdits moyens de  
15        détermination des valeurs de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et de courant efficace ( $I_{eff}$ ).

Le dispositif de l'invention peut comprendre ou est constitué d'au moins un générateur de courant de soudage.

En outre, l'invention a aussi trait à une installation de soudage  
20        comportant au moins un dispositif selon l'invention, au moins une torche de soudage, au moins une source de fil de soudage et au moins une source de gaz de protection.

En effet, les inventeurs de la présente invention ont mis en évidence que, de manière surprenante, dès lors que pour un couple fil/gaz donné, une  
25        vitesse fil ( $V_{fil}$ ) donnée et une fréquence de pulsation donnée, il suffisait de choisir des valeurs de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et de courant efficace ( $I_{eff}$ ) correspondant à ces paramètres et telles que données ci-dessus pour obtenir des paramètres de fonctionnement conduisant à un procédé de soudage pulsé efficace, c'est-à-dire un procédé de soudage donnant un seul



détachement de goutte par pulsation, qui soit exempt de projections de métal fondu et qui permette de conserver une hauteur d'arc constante.

Comme évoqué ci-dessus, en régime pulsé, l'impulsion de courant peut revêtir différentes formes mais la forme trapézoïdale est pratiquement la seule à être utilisée au plan industriel et se caractérise par les paramètres indiqués à la figure 1 ci-annexée.

Sur la figure 1, ont été représentées deux impulsions de courant successives de forme trapézoïdale ; l'axe des abscisses représentant le temps (t) en millisecondes et l'axe des ordonnées représentant l'intensité (I) du courant en Ampères.

Chaque impulsion de courant est formée :

- d'une pente de montée de courant depuis une valeur de courant bas ( $I_b$ ) jusqu'à une valeur de courant haut ( $I_h$ ) durant un temps de montée ( $t_m$ ) de courant ;
- d'un palier de courant haut formant le haut du trapèze durant un temps haut ( $t_h$ ) d'impulsion durant lequel se détache la goutte de métal fondu à l'extrémité du fil ; et
- d'une pente de descente de courant depuis la valeur de courant haut ( $I_h$ ) jusqu'à la valeur de courant bas ( $I_b$ ) durant un temps de descente ( $t_d$ ) de courant, ledit temps de descente ( $t_d$ ) pouvant être égal ou non au temps de montée ( $t_m$ ) de courant.

La somme des durées du temps de montée ( $t_m$ ), du temps haut ( $t_h$ ) et du temps de descente ( $t_d$ ) de courant constitue le temps de pulsation ( $T_p$ ).

Une impulsion trapézoïdale est séparée de l'impulsion suivante par un palier de courant bas durant un temps bas ( $T_b$ ).

La somme des durées du temps de pulsation ( $T_p$ ) et du temps bas ( $T_b$ ) constitue l'inverse de la fréquence ( $1/f$ ) exprimée en Hertz.

Pour pouvoir aboutir au procédé de la présente invention, plusieurs essais ont été réalisés par les inventeurs et sont consignés dans les exemples ci-après.

## 5      Essais

Dans le Tableau I ci-après, ont été consignés plusieurs jeux de paramètres obtenus pour une vitesse fil ( $V_{fil}$ ) de  $4m.mn^{-1}$ , une fréquence ( $f$ ) de 80Hz et un couple ( $I_{moy}$ ,  $I_{eff}$ ) avec  $I_{moy} = 146 A$  et  $I_{eff} = 188 A$ , donnant  
10 les résultats de soudage similaires en soudage à régime pulsé de deux pièces en acier au carbone.

Tableau I

$I_b (A)$	97	85	74	69
$I_h (A)$	536	430	420	354
$T_p (ms)$	0.4	1.2	0.8	2.4
$t_m = t_d (ms)$	1	1	1.8	1

15      Au vu de ce Tableau I, les inventeurs ont constaté que, pour un même couple fil/gaz, une même vitesse d'avance du fil ( $V_{fil}$ ) et une même fréquence de pulsation, il n'existait qu'un domaine étroit de variations du couple ( $I_{moy}$ ,  $I_{eff}$ ) dans lequel le transfert de la goutte était correct et que, dans cet intervalle, si on augmentait la valeur de  $I_{moy}$ , il fallait  
20 obligatoirement diminuer la valeur de  $I_{eff}$  pour conserver l'efficacité du procédé de soudage.

Dit autrement, au-delà d'un couple ( $I_{moy}$  minimum ;  $I_{eff}$  maximum), on ne peut pas obtenir un transfert de métal du fil vers le joint de soudure sans court-circuit et au-delà d'un couple ( $I_{moy}$  maximum ;  $I_{eff}$  minimum), le  
25 détachement des gouttes devient erratique et conduit à l'apparition de grosses gouttes de métal fondu, ce qui n'est pas souhaitable.

Dans le Tableau II ci-après, ont été indiqués, à titre d'exemple, les couples limites déterminés pour une vitesse de fil ( $V_{\text{fil}}$ ) de  $4\text{m.mn}^{-1}$  et une fréquence de pulsation de 100 Hz ; on notera que ces couples limites conservent aussi la hauteur d'arc.

Tableau II

Imoy (A)	Ieff (A)
128	215
143	195

Partant de là, les inventeurs de l'invention ont également étudié l'évolution des couples (Imoy, Ieff) de fonctionnement en fonction de la fréquence de pulsation et tout en conservant une hauteur d'arc la plus courte possible (environ 3 à 4 mm) et pour une même vitesse d'avance du fil.

L'évolution de ces couples est représentée sur la figure 2 pour une vitesse de  $4\text{m.mn}^{-1}$ .

Au vu des résultats obtenus, il ressort qu'il n'est pas possible de conserver longtemps le même couple (Imoy ; Ieff) lorsqu'on fait varier la fréquence et que, quand on diminue cette fréquence, l'écart entre Imoy et Ieff diminue.

Toutefois, il apparaît qu'il existe une fréquence minimum et une fréquence maximum en deçà et au delà de laquelle il est difficile de procéder.

Ces limites sont fixées par le diamètre de la goutte obtenue, la limite basse en fréquence étant fixée à environ 1,2 fois le diamètre du fil et la limite haute en fréquence à environ 0,8 le diamètre du fil.

De ces essais, il découle que tous les paramètres décrivant l'impulsion de courant pour un couple fil/gaz et une vitesse fil ( $V_{\text{fil}}$ ) déterminés, peuvent être inclus dans une aire de l'espace des Imoy et Ieff,

et que cette aire peut être déterminée par quelques expériences simples par  
détermination d'un couple ( $I_{moy}$ ,  $I_{eff}$ ) qui fonctionne pour une fréquence  
donnant une goutte de l'ordre de grandeur du diamètre du fil, excursion en  
fréquence et détermination du couple ( $I_{moy}$ ,  $I_{eff}$ ) pour les fréquences limites  
5 et détermination des couples limites au delà et en deçà desquels le  
détachement n'est plus correct pour ces fréquences limites.

Ainsi, sur la figure 3 a été représentée l'évolution des valeurs de  $I_{moy}$   
et  $I_{eff}$  en fonction de la vitesse fil ( $V_{fil}$ ) obtenues avec un fil fusible  
commercialisé par la Société LA SOUDURE AUTOGENE FRANCAISE sous  
10 l'appellation NERTALIC™ 70S de diamètre 1,2 mm et en employant un gaz  
de protection commercialisé par la Société L'AIR LIQUIDE sous l'appellation  
ARCAL™ 21 (mélange Ar/CO<sub>2</sub>).

Comme on peut le voir, l'évolution est pratiquement linéaire sur toute  
la plage de vitesse fil considérée.

15 Ici, les couples ont été déterminés pour 2m.min<sup>-1</sup> et 8m. min<sup>-1</sup> de  
vitesse fil ( $V_{fil}$ ) et pour une fréquence pour chaque vitesse fil correspondant  
à un diamètre théorique de goutte constant de 0,88 fois le diamètre du fil.

En procédant de la même manière, les inventeurs ont pu déterminer  
l'ensemble des points de fonctionnement pour l'ensemble des couples fil/gaz  
20 en soudage MIG/MAG pulsé, pour une fréquence de pulsation et une vitesse  
d'amenée de fil ( $V_{fil}$ ) données, et ont alors déterminé que, pour obtenir un  
soudage efficace, il fallait choisir une valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et une  
valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) telles que :

$I_{moy} = A1 \times V_{fil} + B1$  avec  $5 < A1 < 45$  et  $0 < B1 < 50$ , et  
25  $I_{eff} = A2 \times V_{fil} + B2$  avec  $5 < A2 < 45$  et  $40 < B2 < 100$   
avec  $I_{moy}$  et  $I_{eff}$  exprimées en Ampères et  $V_{fil}$  exprimée en m.min<sup>-1</sup>.

### Revendications

1. Procédé de soudage à l'arc à régime pulsé d'une ou plusieurs  
 5 pièces en acier au carbone, en acier inoxydable, en aluminium ou en alliage  
 d'aluminium, avec mise en œuvre d'une protection gazeuse, dans lequel on  
 alimente une torche de soudage à l'arc électrique avec au moins un fil  
 fusible à une vitesse d'amenée de fil ( $V_{fil}$ ) et on soumet ledit fil fusible à des  
 impulsions de courant pour obtenir une fusion de l'extrémité dudit fil fusible  
 10 et le détachement d'une goutte de métal fondu par impulsion de courant, et  
 dans lequel, pour une fréquence de pulsation donnée, on choisit et/ou on  
 met en œuvre une vitesse d'amenée de fil ( $V_{fil}$ ), une valeur de courant  
 moyen ( $I_{moy}$ ) et une valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) telles que :

$$15 \quad \begin{aligned} I_{moy} &= A1 \times V_{fil} + B1 & \text{avec } 5 < A1 < 45 & \quad \text{et } 0 < B1 < 50, \quad \text{et} \\ I_{eff} &= A2 \times V_{fil} + B2 & \text{avec } 5 < A2 < 45 & \quad \text{et } 40 < B2 < 100 \end{aligned}$$

où  $I_{moy}$  et  $I_{eff}$  sont exprimées en Ampères et  $V_{fil}$  est exprimée en  $m.min^{-1}$ .

20 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la ou les  
 pièces à souder sont en acier au carbone et en ce qu'on choisit la valeur de  
 courant moyen ( $I_{moy}$ ) et la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) telles que :

$$\begin{aligned} I_{moy} &= A1 \times V_{fil} + B1 & \text{avec } 20 < A1 < 40 & \quad \text{et } 0 < B1 < 30, \quad \text{et} \\ I_{eff} &= A2 \times V_{fil} + B2 & \text{avec } 19 < A2 < 39 & \quad \text{et } 40 < B2 < 100 \end{aligned}$$

25 où  $I_{moy}$  et  $I_{eff}$  sont exprimées en Ampères et  $V_{fil}$  est exprimée en  $m.min^{-1}$ .

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la ou les  
 pièces à souder sont en acier inoxydable et en ce qu'on choisit la valeur de  
 courant moyen ( $I_{moy}$ ) et la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) telles que :

$$30 \quad I_{moy} = A1 \times V_{fil} + B1 \quad \text{avec } 10 < A1 < 40 \quad \text{et } 0 < B1 < 40, \quad \text{et}$$

$I_{eff} = A2 \times V_{fil} + B2$  avec  $9 < A2 < 39$  et  $40 < B2 < 100$

où  $I_{moy}$  et  $I_{eff}$  sont exprimées en Ampères et  $V_{fil}$  est exprimée en  $m.min^{-1}$ .

- 5 4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la ou les pièces à souder sont en aluminium ou en alliage d'aluminium et en ce qu'on choisit la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) telles que :

$I_{moy} = A1 \times V_{fil} + B1$  avec  $5 < A1 < 30$  et  $0 < B1 < 20$ , et

$I_{eff} = A2 \times V_{fil} + B2$  avec  $5 < A2 < 25$  et  $40 < B2 < 65$

- 10 où  $I_{moy}$  et  $I_{eff}$  sont exprimées en Ampères et  $V_{fil}$  est exprimée en  $m.min^{-1}$ .

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la vitesse d'amenée de fil ( $V_{fil}$ ) est comprise entre 1 et 20  $m.min^{-1}$ , de préférence 2 et 15  $m.min^{-1}$

15

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la fréquence de pulsation est comprise entre 20 et 300 Hz, de préférence entre 50 et 200 Hz.

- 20 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le rapport ( $I_{eff} / I_{moy}$ ) de la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) à la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) est compris entre 1.05 et 2, de préférence entre 1.1 et 1.8.

- 25 8. Procédé selon l'une des revendications 1, 2 ou 5 à 7, caractérisé en ce que la ou les pièces à souder sont en acier au carbone et en ce que le rapport ( $I_{eff} / I_{moy}$ ) de la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) à la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) est compris entre 1.05 et 2, de préférence entre 1.05 et 1,6.

30

9. Procédé selon l'une des revendications 1, 3 ou 5 à 7, caractérisé en ce que la ou les pièces à souder sont en acier inoxydable et en ce que le rapport ( $I_{eff} / I_{moy}$ ) de la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) à la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) est compris entre 1.05 et 2, de préférence entre 1.1 et 1.8.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 4 à 7, caractérisé en ce que la ou les pièces à souder sont en aluminium ou en alliage d'aluminium et en ce que le rapport ( $I_{eff} / I_{moy}$ ) de la valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ) à la valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) est compris entre 1.05 et 2, de préférence entre 1,05 et 1,5.

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que la protection gazeuse est constituée d'un gaz ou mélange gazeux choisi parmi l'hélium, l'argon, le dioxyde de carbone, l'oxygène, l'azote et l'hydrogène et/ou en ce que le fil fusible a un diamètre compris entre 0.6 mm et 2.2 mm, de préférence entre 0.8 mm et 1.6 mm.

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le soudage est de type MIG pulsé ou MAG pulsé et/ou en ce que le fil est un fil plein ou un fil fourré.

13. Dispositif de soudage à l'arc à régime pulsé, susceptible de mettre en œuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 12, comportant :

- des moyens de sélection de fréquence permettant de régler, ajuster ou sélectionner une fréquence de pulsation,
- des moyens de sélection de vitesse de fil permettant de régler, ajuster ou sélectionner une vitesse d'amenée de fil ( $V_{fil}$ ),
- des moyens de détermination des valeurs de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et de courant efficace ( $I_{eff}$ ) permettant de déterminer ou calculer au moins

une valeur de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et au moins une valeur de courant efficace ( $I_{eff}$ ), telles que :

$$I_{moy} = A1 \times V_{fil} + B1 \quad \text{avec} \quad 5 < A1 < 45 \quad \text{et} \quad 5 < B1 < 50, \quad \text{et}$$

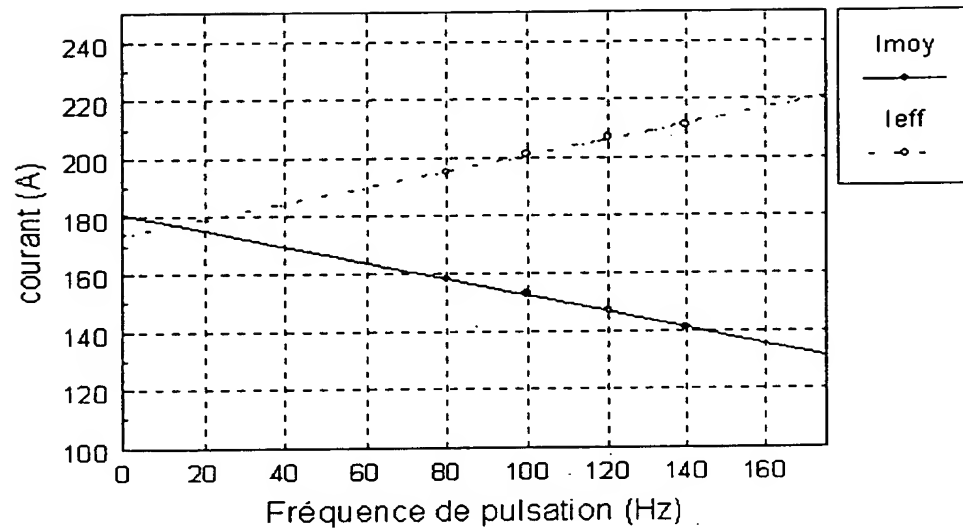
$$I_{eff} = A2 \times V_{fil} + B2 \quad \text{avec} \quad 5 < A2 < 45 \quad \text{et} \quad 45 < B2 < 110$$

- 5 où  $I_{moy}$  et  $I_{eff}$  sont exprimées en Ampères et  $V_{fil}$  est exprimée en  $m.min^{-1}$ , et
- des moyens d'ajustage de courant permettant d'ajuster le courant de soudage en réponse à la détermination ou au calcul des valeurs de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et de courant efficace ( $I_{eff}$ ) par lesdits moyens de détermination des valeurs de courant moyen ( $I_{moy}$ ) et de courant efficace ( $I_{eff}$ ), de préférence il comporte ou est constitué d'au moins un générateur de courant de soudage.
- 10

14. Installation de soudage comportant au moins un dispositif selon la revendication 13, au moins une torche de soudage, au moins une source de
- 15 fil de soudage et au moins une source de gaz de protection.



1/1



$V_f = 4 \text{ m/min}$

Figure 2

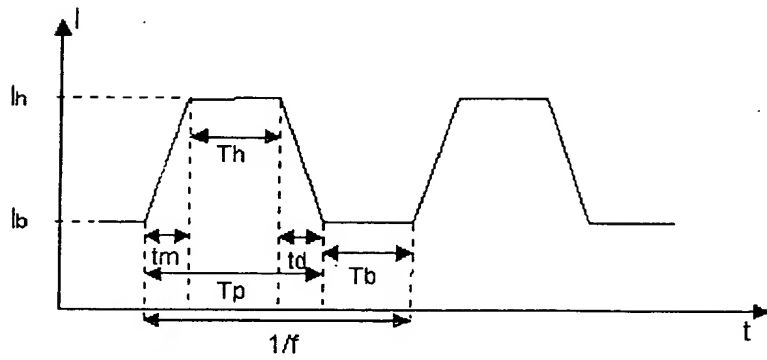


figure 1

**THIS PAGE BLANK (USPTO**

DOCUMENT FILED BY:  
YOUNG & THOMPSON  
745 SOUTH 23RD STREET  
ARLINGTON, VIRGINIA 22202  
Telephone 703/521-2297